



Percepción de la contingencia en ratas: modulación fechneriana y metodología de la detección de señales

Susana Carnero¹, Joaquín Morís², Félix Acebes¹ e Ignacio Loy¹

¹Universidad de Oviedo

²Universidad de Málaga

RESUMEN

De acuerdo con las principales teorías del condicionamiento, el aprendizaje inhibitorio ocurre cuando la probabilidad del estímulo incondicionado (EI) en presencia del estímulo condicionado (EC) o p_1 es menor que la probabilidad del EI en ausencia del EC o p_2 . Este artículo evalúa si la diferencia entre p_1 y p_2 que se requiere para producir condicionamiento inhibitorio es la misma independientemente del valor específico de p_1 . Empleando un procedimiento apetitivo de condicionamiento Pavloviano con ratas se comparan experimentalmente dos valores extremos de p_1 (baja y alta) sugiriendo que la diferencia entre p_1 y p_2 necesaria para producir condicionamiento inhibitorio varía con los diferentes valores de p_1 de manera logarítmica, al igual que muchas modalidades sensoriales. Además se ofrece un tratamiento de los datos basado en los de la Teoría de la Detección de Señales empleando curvas COR y se discute su utilidad.

Palabras clave: contingencia, condicionamiento inhibitorio, psicofísica.

ABSTRACT

According to most conditioning theories, inhibitory learning will occur if the probability of the unconditioned stimulus (US) in the presence of the conditioned stimulus (CS) or p_1 is lower than the probability of the US in the absence of the CS or p_2 . This paper evaluates if the difference between p_1 and p_2 required to produce inhibitory conditioning is the same independently of the specific value of those two probabilities. Using an appetitive procedure of Pavlovian conditioning with rats, two extreme values of p_2 (low and high) were experimentally compared suggesting that the difference between p_1 and p_2 required to produce inhibitory conditioning varies with the different value of p_1 in a logarithmic fashion, in the same way as many sensory modalities. Also, the improvement of ROC curves over standard learning measures and the utility of Signal Detection Theory are discussed.

Keywords: contingency, inhibitory conditioning, psychophysics.

Agradecimientos: Esta investigación se ha llevado a cabo gracias en parte a la financiación proporcionada por el Ministerio de Educación y Ciencia con el proyecto SEJ2007-63017 y las Becas de Investigación del Programa Severo Ochoa de la Ficyt concedidas a Susana Carnero Sierra (BP07-020) y a Félix Acebes Andreu (BP08-037) para la realización de la tesis doctoral.

Dirección para correspondencia:

Ignacio Loy Madera

Departamento de Psicología. Universidad de Oviedo. Plaza Feijoo s/n, 33003, Oviedo. España

Tlfono: 985104148. e-mail: iloy@uniovi.es



1.- Introducción

Hasta la década de los 60, la contigüidad se consideró la condición necesaria y suficiente para que el condicionamiento Pavloviano tuviera lugar, defendiendo que el número de emparejamientos entre el estímulo condicionado (EC) y el estímulo incondicionado (EI) era decisivo para la aparición de la respuesta condicionada (RC) en una situación de condicionamiento clásico (p. e., Hull, 1950; Spence, 1936). Posteriormente, Rescorla (1966, 1967, 1968, 1969a; Rescorla & LoLordo 1965) introdujo el concepto de contingencia, según el cual la intensidad de la respuesta condicionada es resultado no sólo de la probabilidad del EI en presencia del EC (p_1) sino también de la probabilidad del EI en ausencia del EC (p_2). Rescorla (1968), demostró que las ratas que recibían el mismo número de descargas eléctricas en presencia de un EC, podían mostrar miedo a ese EC o no, en función del número de descargas que recibían en ausencia del mismo, sugiriendo que la correlación global del EC y el EI era necesaria para el condicionamiento del miedo. Teóricamente estos resultados experimentales se explicaron asumiendo que la RC no solo está determinada por la proporción de ECs emparejados con el EI, sino también por la información que aporta el EC como señal predictiva del EI. De esta manera, el animal sería capaz de computar y comparar todas las probabilidades condicionales que se derivan de la combinación entre la presencia o ausencia del EC y del EI. Así, la noción de contigüidad fue sustituida por la de contingencia como alternativa para la explicación del aprendizaje. El estudio de la contingencia requiere el empleo del reforzamiento parcial.

Según el modelo de Rescorla y Wagner (1972), se emplearía la ecuación 1¹ para calcular la fuerza asintótica adquirida cuando un EC se refuerza parcialmente.

$$V = \frac{\pi\beta_1\lambda_1 + (1 - \pi)\beta_2\lambda_2}{\pi\beta_1 + (1 - \pi)\beta_2}$$

Ecuación 1. Valor asintótico de la fuerza asociativa de un estímulo según Rescorla y Wagner (1972).

Los índices 1 y 2 se refieren respectivamente a los ensayos en los que aparece el EI y aquellos en los que no aparece. Los parámetros β_1 y β_2 corresponden a la saliencia y asociabilidad de los estímulos incondicionados, λ_1 y λ_2 son los valores asintóticos de la fuerza asociativa debida al EI, siendo π el porcentaje de ensayos reforzados para el estímulo para el que se calcula V (o valor asintótico de la fuerza asociativa).

Durante las últimas tres décadas la investigación en condicionamiento clásico ha aceptado ampliamente los principios del modelo de Rescorla y Wagner (1972), que se han incorporado a la mayoría de las teorías asociativas del aprendizaje. Una de las afirmaciones centrales de este modelo daba cuenta de la idea principal de contingencia propuesta por Rescorla (1968), que proponía que el condicionamiento excitatorio ocurrirá en aquellas ocasiones en las que la probabilidad del EI en presencia del EC, p_1 , sea mayor que la

¹ Una vez corregido el error tipográfico del original encontrado por Gibbon (1981), tal como indican Mason, Idobro, Early, Abibi, Zheng, Harrison, y Carney (2003).



probabilidad del EI en ausencia del EC, p_2 . En aquellas situaciones en las que p_1 y p_2 sean iguales, no existirán variaciones significativas en la respuesta condicionada. Del mismo modo, cuando p_1 sea menor que p_2 , estaremos ante condicionamiento inhibitorio (véase figura 1).

“When the probability of shock is higher during the CS than in its absence, the CS becomes a conditioned elicitor of fear; when the CS signals a period which is relatively free from otherwise probable shocks, it becomes a conditioned inhibitor of fear. Finally, when the probabilities of shock are equal in the presence or absence of the CS, little or no conditioning of either sort occurs. Somehow the organism appears to evaluate the probability with which shocks occur both in the presence and in absence of the CS, and it is the relation between these two probabilities which determines the amount of fear conditioning observed to the CS. The organism is apparently behaving as a relatively complex probability comparator. What we wish to suggest here is that the present model may provide one way of understanding how the animal can be sensitive to such subtle relations via a relatively simple process.” (Rescorla y Wagner, 1972, 87-88).

Esta predicción, se consolidó como resultado empírico general que es explicado por la mayoría de los modelos de aprendizaje aplicados al condicionamiento en animales no humanos, y al razonamiento causal y aprendizaje de contingencias en humanos.

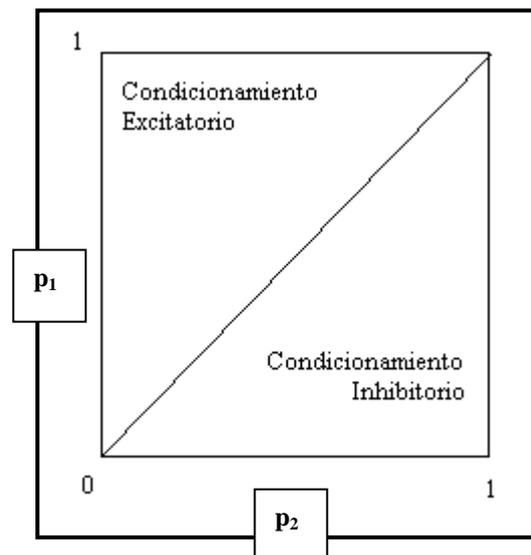


Figura 1. Espacio de contingencias las predicciones desde la idea de contingencia de Rescorla (1968). Se representa en el eje Y los valores de p_1 y en el eje X los valores de p_2 .

Sin embargo, el modelo de Rescorla y Wagner (1972) y otros modelos similares que siguen la misma lógica asociativa (Mackintosh, 1975; Pearce & Hall, 1980; Wagner, 1981; véase una revisión en Rosas, 2002) han sido cuestionados en varios puntos. Desde el estudio del aprendizaje causal, empleando condicionamiento excitatorio, esta visión de las relaciones de contingencia ha sido desafiada al menos en dos aspectos: en primer lugar, el hecho de que aparezca condicionamiento excitatorio cuando p_1 y p_2 son iguales supone una dificultad para



la explicación asociativa (Papini & Bitterman, 1990). Por la misma razón, la aparición de diferentes niveles de condicionamiento cuando la diferencia p_1-p_2 es la misma en diferentes condiciones, supone otro problema para los supuestos del modelo (Hallam, Grahame, & Miller, 1992). Algunos autores (Papini & Bitterman, 1990), han afirmado que existen pruebas en contra de la capacidad de los animales para responder a las contingencias, basándose en los datos encontrados en los que, siendo p_1 igual a p_2 , aparece aprendizaje excitatorio. Papini y Bitterman argumentan que la contingencia EC-EI no es ni necesaria ni suficiente para el condicionamiento, y que los animales ni siquiera son sensibles a ésta. Sin embargo, otros autores han obtenido datos más claros a favor de la sensibilidad a la contingencia de los animales (Murphy & Baker, 2004; Baker, Murphy, Vallé-Tourangeau & Mehta, 2001; Hazlett, 2003) y a partir de ellos han articulado argumentos teóricos contra las afirmaciones de Papini y Bitterman (véase especialmente Baker et al., 2001), mostrando además que dicha sensibilidad no es específica de determinados estímulos o respuestas y que esos resultados eran consistentes con explicaciones asociativas.

La otra fuente de desacuerdo, es la posibilidad de que se adquirieran diferentes niveles de condicionamiento después de un entrenamiento con una misma diferencia entre p_1 y p_2 , (Hallam, et al, 1992; Wasserman, Elek, Chatlosh & Baker, 1993). La confluencia entre los estudios de condicionamiento animal y la investigación sobre aprendizaje de juicios de contingencia ha sido señalada en repetidas ocasiones (Dickinson, Shanks & Evenden, 1984; véase Matute, 2002; Miller & Matute, 1996 y De Houwer & Beckers, 2002 para consultar revisiones al respecto). Empleando juicios causales en humanos es posible investigar la capacidad de los sujetos de detectar las relaciones entre una causa y una consecuencia de una manera muy similar a aquella empleada con ratas en la detección de las relaciones EC-EI.

En una tarea de juicio causal, se pueden establecer cuatro tipos de relaciones entre los eventos cuando estos son binarios. Puede ocurrir que tanto la causa (o EC si tratamos con los términos del aprendizaje Pavloviano) como la consecuencia (o EI) se hayan presentado, o puede suceder que la consecuencia se presente, pero no la causa. Otra posibilidad es que la causa se haya presentado pero no la consecuencia y, finalmente, que ninguno de los dos acontecimientos esté presente. Estas diferentes condiciones, se expresan en una tabla de juicio causal que se esquematiza en la figura 2.

	Consecuencia EI	-Consecuencia -EI
Causa EC	<i>a</i>	<i>b</i>
-Causa -EC	<i>c</i>	<i>d</i>

Figura 2. Representación de las frecuencias de los distintos tipos de ensayo en una tarea de razonamiento causal y su paralelismo con el condicionamiento clásico.



El valor a indica el número de veces en las que el EC aparece seguido del EI y b el número de veces que no va seguido de él. De esta manera, empleando las frecuencias de cada tipo de ensayo se puede calcular el valor de las probabilidades. Así, p_1 sería igual a: $a/(a+b)$. Del mismo modo, siendo c el número de veces que el EI aparece en ausencia del EC y d el número de ocasiones que no aparecen ni el EC ni el EI, p_2 sería equivalente a: $c/(c+d)$.

Empleando esta notación, desde los modelos de reglas, se han expuesto diversas alternativas a la visión del modelo de Rescorla-Wagner. Allan (1980) recoge algunas de las propuestas para predecir juicios de contingencia en humanos, destacando por pionera y volumen de investigación la regla ΔP [$a/(a+b) - c/(c+d)$]. A medida que se realizaron experimentos para dar apoyo empírico a estas reglas, se fueron descubriendo nuevos fenómenos, como el sesgo de densidad (Allan, 1993; Vallee-Tourangeau, Murphy, & Baker, 2005). El efecto de densidad está relacionado con la frecuencia de reforzamiento y consiste en un incremento de la RC proporcional al incremento de la probabilidad del EI, independientemente de si es por un aumento de p_1 o p_2 . Por otra parte, podría existir un efecto complementario al de densidad, es decir, una mayor capacidad de detección de contingencias cuando se entrenan niveles bajos de p_1 y p_2 . Trabajos anteriores de nuestro laboratorio, han demostrado que no siempre que p_1 es mayor que p_2 se observa condicionamiento excitatorio y que, por tanto, la diferencia necesaria para percibir dos eventos como diferentes, o para aprender que un estímulo es un predictor de un evento relevante, no es absoluta sino relativa a la magnitud y características del evento. En estos experimentos previos (Morís, Carnero & Loy, 2008; Morís, Carnero & Loy, en prensa; Morís, Santoveña & Loy, 2004; Morís, Santoveña & Loy, 2005; Morís, Santoveña, Carnero & Loy, 2006; Morís, Santoveña, Fernández & Loy, 2005) se empleó un procedimiento equivalente al de Rescorla (1968) para averiguar la diferencia mínima p_1-p_2 necesaria para observar condicionamiento excitatorio en diferentes magnitudes de p_1 , en los que se entrenó un tono como EC, al tiempo que se presentaban EIs en ausencia de dicho tono. El resultado indicó que una discrepancia entre ambas probabilidades de 0.1 era suficiente para producir aprendizaje en una condición de densidad de reforzamiento baja, pero no en una condición de alta densidad. Esta línea de investigación continuó estimando las diferencias necesarias para producir aprendizaje en condiciones de densidad altas y medias, analizando las dificultades de los modelos de reglas y asociativos para explicar los resultados obtenidos. Un paso más en el desarrollo de esta investigación será la evaluación de una modulación similar a la descrita pero a lo largo del espacio contingencial inhibitorio.

La modulación de la percepción de la contingencia según la cual la discrepancia entre p_1 y p_2 necesaria para percibir una contingencia excitatoria es proporcional a la magnitud de p_1 , supone que la ley de Fechner rige en la percepción de las contingencias. Si la contingencia, entendida como actividad de detección en lugar, o además de, actividad de aprendizaje, muestra la típica modulación logarítmica, es lógico indagar si podría beneficiarse de las manipulaciones propias de la psicofísica. En este sentido, disponemos hoy de un conjunto de trabajos que hacen uso de técnicas y metodologías propias de la psicofísica y en particular de la Teoría de Detección de Señales (TDS), tanto para abordar desde esta nueva perspectiva aspectos tradicionales del campo del aprendizaje (discriminación, memoria, cognición), como para plantear nuevos acercamientos a problemas teóricos relevantes para la teoría del aprendizaje. Evidentemente la discriminación parece el campo más apropiado para aplicar la TDS al condicionamiento y de hecho a mediados de los años 60 se publicó un trabajo titulado "*Teoría de la decisión en los estudios de discriminaciones en animales*"



(Nevin, 1965). Blough (1967; 2001) transforma las conocidas representaciones acampanadas de los gradientes de generalización en curvas de Operación Característica del Receptor (COR) o curvas de isosensibilidad. Estas curvas son un aspecto esencial de la metodología de la TDS (Blanco, 2000). Básicamente describen el balance entre aciertos y falsas alarmas y permiten ver los diferentes criterios de respuesta adoptados por el sujeto ante distintas condiciones de pago (en los experimentos típicos de TDS) pero reflejan siempre la misma sensibilidad (de ahí su nombre). Blough (1967) entrenó palomas para responder a un estímulo de longitud de onda de 582nm y luego presentó 11 estímulos de prueba (con intervalos de longitud de onda entre ellos de 2nm) desde 570 nm hasta 592 nm. Obtuvo así la clásica representación acampanada de los gradientes de generalización y luego computó las respuestas de picoteo ante el estímulo de 582 nm como aciertos y las respuestas ante el resto de los estímulos como falsas alarmas. Posteriormente ordenó cada uno de estos grupos de ensayos en porcentajes de ensayos con menos de N respuestas condicionadas obteniendo así los porcentajes de ensayos para cada una de las longitudes de onda. Juntando los relativos al estímulo reforzado con cada uno de los no reforzados, obtuvo un porcentaje de aciertos y falsas alarmas para cada valor de N y pudo construir 11 curvas COR (una para cada estímulo comparado con el estímulo reforzado durante el entrenamiento, es decir el de 582nm) que confirmaron que a mayor parecido físico entre el estímulo reforzado y los de prueba (no reforzados) se obtenían curvas de isosensibilidad progresivamente más cercanas a la diagonal del espacio delimitado por las tasas de aciertos y falsas alarmas. Este trabajo proporciona la base para la transformación de los datos típicos de tareas de aprendizaje en el equivalente a las curvas COR que presentamos a continuación.

En su obra de referencia, Green y Swets (1966) describen dos trabajos pioneros en los que se examinaba la conducta de discriminación instrumental de ratas en cajas de Skinner. En uno (Hack, 1963) la probabilidad de la señal se modificaba mientras la del reforzamiento se mantenía constante. En el otro (Nevin, 1964) la probabilidad del reforzamiento se variaba mientras la probabilidad de la señal se mantenía fija. Ambos casos son tareas de condicionamiento instrumental, a las que se aplica la terminología TDS en un caso de discriminación. Este mismo autor planteó años más tarde una propuesta teórica para integrar el campo de investigación de la psicofísica con el de los programas de reforzamiento (Nevin, 1981). Boneau y Cole (1967) describieron un modelo basado en la teoría de la decisión aplicado a tareas de discriminación. El documentado trabajo de Grice (1972) estudia sistemáticamente el efecto de la intensidad de los ECs con la metodología de la TDS poniéndola en relación con la teoría de Hull (1950), con la que afirma guardar una estrecha relación. Este autor empleó sujetos humanos e instrucciones verbales para modificar los criterios de respuesta de sus sujetos. Hirsch (1979), revisó las aplicaciones de los parámetros de la TDS en la literatura y proporcionó algunas claves para su extensión a nuevos usos. Schmajuk (1987), señaló que el condicionamiento clásico puede ser considerado como un proceso de toma de decisiones en el que el sujeto tiene que decidir si responder o no en la presencia o ausencia de un EC. Marston (1996) ha resaltado el valor de la TDS para el análisis de la función cognitiva general en los animales.

Más relevante desde el punto de vista teórico, es el trabajo de Mason, et al. (2003) quienes exploran el efecto de la intensidad de un EC, un tono (T), que se presenta en compuesto con otro estímulo de fondo, un ruido que denotaremos como N, sobre el nivel de RC, con un procedimiento de condicionamiento de parpadeo en conejos. Los autores describen matemáticamente cómo ni el modelo de Rescorla y Wagner (1972), ni el



configuracional de Pearce (1987), predicen cambios ante el estímulo N tras un entrenamiento TN+/N- en función de los cambios en intensidad del T (esto es, en función de la intensidad del EC). Básicamente, estos dos modelos predicen que tras el entrenamiento discriminativo TN+/N- nos encontraremos con un nivel asintótico de RC ante TN y la ausencia total de RC ante las presentaciones de N. En el trabajo de Mason et al. (2003) un decremento en la intensidad del T, provocó un pequeño pero consistente incremento de RC ante el N, resultado inexplicable desde la lógica de estos modelos. Sin embargo, si adoptamos la lógica de la TDS, es fácil entender que un descenso en la intensidad de la señal (T) provocará un aumento de las respuestas ante la ausencia de señal o falsas alarmas (RCs ante N).

Dado que las teorías provenientes del condicionamiento clásico han sido enormemente fructíferas en el desarrollo de teorías generales del establecimiento de juicios, podemos concluir que una teoría general de la decisión (detección o no de una señal apenas perceptible) puede producir aportaciones interesantes a las situaciones de aprendizaje y de condicionamiento Pavloviano. Allan, Siegel, y Tangen (2005) y Allan, Hannah, Crump y Siegel (2008), han llegado a esta conclusión y han construido, a través de la TDS, un modo de estudiar la capacidad de los sujetos humanos para detectar contingencias en tareas de relaciones entre símbolos, equivalentes a las tareas de condicionamiento clásico con animales.

El trabajo experimental que se presenta a continuación tiene dos objetivos fundamentales. El primero es constatar la existencia o no de una modulación logarítmica en el condicionamiento inhibitorio similar a la descrita para el condicionamiento excitatorio (Morís et al. en prensa). El segundo objetivo es demostrar que la metodología proveniente de la TDS es una herramienta eficaz para el tratamiento de los datos de condicionamiento con animales. Para ello se realizó un experimento en el que se comparó el efecto de una misma diferencia p_1-p_2 pequeña ($\Delta p = -0.1$) en una condición de densidad de reforzamiento alta ($p_1=0.9$) y en una de densidad baja ($p_1=0.1$). De existir una modulación fechneriana de la contingencia inhibitoria, el grupo que recibe entrenamiento 0.0 y 0.1 debería mostrar diferencias con respecto a su control 0.1 y 0.1, mientras que el grupo 0.8 y 0.9 no diferiría de 0.9 y 0.9. Si, por el contrario, no existe tal modulación y, como afirman diversos modelos de reglas como por ejemplo ΔP) y el propio Rescorla (1968), siempre que p_1 es menor que p_2 se produce condicionamiento inhibitorio, entonces debería haber diferencias tanto entre 0.0 y 0.1 con 0.1 y 0.1 como entre 0.8 y 0.9 con 0.9 y 0.9.

Finalmente, los datos obtenidos son analizados de acuerdo a los procedimientos tradicionales del condicionamiento clásico (razón de supresión) y también ordenando porcentajes de ensayos con diferentes niveles de respuesta, lo que nos permite construir el equivalente a las curvas COR de la TDS aplicadas a la percepción de la contingencia, analizando así las ventajas de esta metodología frente a las tradicionales medidas del condicionamiento.

2.- Experimento

El objetivo del experimento fue averiguar si siempre que p_1 es menor que p_2 se produce condicionamiento inhibitorio o si por el contrario, la diferencia entre p_1 y p_2 necesaria para producir un cambio significativo en la respuesta condicionada es relativa a la magnitud de p_1 . Para ello, se establecieron cuatro grupos, dos experimentales con una misma diferencia



$\Delta p = -0.1$ entre p_1 y p_2 pero con una diferente frecuencia del reforzamiento (0.9 para un grupo y 0.1 para el otro), y otros dos grupos controles correspondientes a esas frecuencias, en los que $\Delta p = 0.0$ y donde no se esperará la adquisición de un nivel significativo de aprendizaje. Si ambos grupos experimentales difieren de sus respectivos controles mostrando propiedades inhibitorias, estaríamos ante el resultado clásico apuntado por Rescorla (1968) y predicho por la mayoría de las teorías del aprendizaje. Si, por el contrario, encontráramos diferencias entre los dos grupos experimentales con respecto a sus controles, tendríamos algún tipo de modulación de la percepción de la contingencia. Si el grupo entrenado con 0.0 y 0.1 mostrara mayor condicionamiento inhibitorio que el entrenado con 0.8 y 0.9 dicha modulación sería en el sentido de la ley de Fechner. Por el contrario si el entrenado con 0.8 y 0.9 mostrara mayor condicionamiento inhibitorio que el entrenado con 0.0 y 0.1, la modulación sería en el sentido del efecto de densidad.

3.- Método

3.1.- Sujetos

El experimento se realizó con 40 ratas Wistar macho (*Rattus norvegicus*; Bioterio de la Universidad de Oviedo) que registraron un peso medio de 278 gramos al inicio del experimento [rango 220-407 gr.]. Los animales se estabularon de cuatro en cuatro en jaulas estándar situadas en una habitación independiente del laboratorio, en la que se mantuvo un ciclo de luz/oscuridad de 12 horas. Las sesiones se realizaron siempre durante el ciclo luminoso. Se les restringió el acceso de alimento de manera que los animales alcanzaran el 80% de su peso base, para ello, se alimentaron diariamente con una cantidad de pienso que oscilaba entre 5 y 12 gramos. Al finalizar cada sesión, se les proporcionaba una cantidad adecuada para mantener el peso en privación. En todo momento los animales tuvieron acceso libre a agua.

3.2.- Aparatos

Se usaron ocho cajas de condicionamiento de la marca Letica que medían 24 x 29 x 38 cm. Cada una de las cajas estaba protegida por una cubierta de insonorización y reducción de la luz de la sala. En la parte superior frontal de la cubierta se situó un ventilador que producía un ruido ambiental de 62 dB, y también una luz de 35W y 230V que proporcionaba luz ambiental en el interior de las cajas, situada en la pared lateral de las mismas. También se dispusieron en la pared frontal dos altavoces: uno que emitía un tono de 76 dB, 600 Hz y 10 s. de duración, así como un segundo altavoz que emitía un clic intermitente de 82dB y 10 s. de duración. El clic (C) se empleó como EC y el tono (T) como estímulo discreto discriminativo de los ensayos, siguiendo la lógica del procedimiento de Murphy y Baker (2004). De este modo el número de ensayos en los que el EC estaba presente y los ensayos en los que estaba ausente era el mismo y por otra parte, los ensayos en los que el reforzador aparecía solo estaban convenientemente señalizados. Un dispensador de comida situado detrás del comedero y fuera del alcance visual del animal, dejaba caer pellets de comida de 45 mg. (tipo Test Diet-Mlab Rodent Tablet) en un comedero situado en el centro del lado frontal de la caja. Las respuestas eran registradas por una célula fotoeléctrica situada en el comedero.



3.3.- Procedimiento

Se asignaron aleatoriamente ocho sujetos a cada grupo. Siguiendo la notación original de Rescorla (1968) entre paréntesis se reflejan las dos probabilidades, en primer lugar p_1 y en segundo lugar p_2 , de modo que se entrenaron cuatro grupos: un grupo 1 experimental de frecuencia baja (0.0 y 0.1), un grupo 2 control de frecuencia baja (0.1 y 0.1), un grupo 3 experimental de alta frecuencia (0.8 y 0.9) y un grupo 4 control de alta frecuencia (0.9 y 0.9). Se realizó un diseño factorial 2x2 cuyas variables independientes fueron: frecuencia (alta o baja) y contingencia (Igual $\Delta p = 0$ y Diferente $\Delta p = -0.1$). Los grupos con contingencias iguales sirvieron como grupos de control. Antes de iniciar las sesiones de condicionamiento, se realizaron tres sesiones de entrenamiento de entrada en el comedero, para familiarizar a los animales con el acceso a la comida en el interior de las cajas. En estas sesiones de 20 minutos de duración, las bolitas de comida se presentaban según un programa de intervalo variable de 120 s. Al inicio de estas sesiones se colocaron en el comedero dos bolitas de comida.

3.4.- Condicionamiento

Se realizaron veinte sesiones de condicionamiento, una sesión por día y en días consecutivos. Cada sesión tuvo una duración de 60 minutos y en cada una de ellas se presentaron 60 ensayos, 30 con el tono y el clic simultáneamente y 30 con el tono solo. La proporción de ensayos TC reforzados y no reforzados determinó el valor de la probabilidad del EI en presencia del EC o p_1 , mientras que la proporción de ensayos T reforzados y no reforzados determinó el valor de la probabilidad del EI en ausencia del EC o p_2 . La presentación de todos los ensayos fue aleatorizada y el tiempo medio utilizado entre ensayos fue de 60s. En cada sesión se condicionaba el clic de acuerdo a las probabilidades p_1 y p_2 establecidas. En este experimento el grupo 1 (0.0 y 0.1) no recibió comida en ninguno de los 30 ensayos en los que aparecía el compuesto TC (p_1) y sí en un 10% de los 30 ensayos en los que aparecía el T (p_2). En el grupo 2 (0.1 y 0.1) se reforzaron un 10% de los ensayos TC y un 10% de los ensayos del T. En el grupo 3 (0.8 y 0.9) fueron reforzados un 80% de los ensayos TC y un 90% de los ensayos T. Finalmente, en el grupo 4 (0.9 y 0.9) se reforzaron un 90% de los ensayos en los que se presentaron TC y un 90% de los ensayos del T (consultar tabla 1 para ver el número exacto de ensayos reforzados y no reforzados).

Grupo	p_1	Ensayos reforzados/ Ensayos totales TC	p_2	Ensayos reforzados/ Ensayos totales T
0.0 y 0.1	0.0	0/30	0.1	3/30
0.1 y 0.1	0.1	3/30	0.1	3/30
0.8 y 0.9	0.8	24/30	0.9	27/30
0.9 y 0.9	0.9	27/30	0.9	27/30

Tabla 1. Frecuencias de reforzamiento en cada sesión. Para cada grupo se representan p_1 y p_2 , y el número de pellets proporcionados en presencia del EC (ensayos tono y clic simultáneamente) y en ausencia del mismo (ensayos tono).



Dado que los efectos del entrenamiento en condicionamiento inhibitorio no son observables directamente (Rescorla, 1969b), inmediatamente después de las veinte sesiones de condicionamiento, se llevaron a cabo diez sesiones de prueba de supercondicionamiento que sirvieron para observar el resultado del entrenamiento en las contingencias establecidas (Rescorla, 1971). Usualmente, en esta prueba se presenta un nuevo estímulo junto con el EC supuestamente inhibitorio, simultáneamente y seguidos siempre de un reforzador, lo que induciría una mayor respuesta condicionada al nuevo estímulo. En cada sesión de esta prueba, de 13 minutos de duración, aparecían ocho presentaciones del clic y un estímulo visual, una luz de 2W y 24V. Ambos estímulos aparecían simultáneamente y seguidos de un bolita de comida. Además, en cada sesión de supercondicionamiento aparecieron dos presentaciones de la luz sola y reforzada, concretamente en el quinto y décimo lugar de la secuencia de diez ensayos totales en los que consistía cada sesión de prueba. El tiempo medio entre estímulos fue de 59 s. Para esta prueba se introdujo un nuevo grupo de control, naif, sin entrenamiento previo. Es de esperar que si el clic es percibido como un estímulo condicionado inhibitorio, el condicionamiento de la luz sería más rápido en las ratas que hubieran aprendido que el clic predice la ausencia de la comida, incluso más rápido que un grupo sin experiencia con los estímulos (naif).

3.5.- Variables

Como medida de la RC en la fase de condicionamiento, se registraron las entradas en el comedero durante los 10 segundos de aparición del estímulo (tanto del clic como del tono) y las entradas durante los 10 s. anteriores a la presentación de dichos estímulos. Esto nos permitió calcular una razón de supresión empleando las respuestas condicionadas durante los estímulos, y durante los 10 segundos inmediatamente anteriores a la aparición de los mismos (pre). En el caso de los ensayos clic y tono este cálculo se realizó de la siguiente manera: $RS_{\text{clic+tono}} = RC_{\text{clic+tono}} / (RC_{\text{clic+tono}} + RC_{\text{pre}})$, y en los ensayos del tono $RS_{\text{tono}} = RC_{\text{tono}} / (RC_{\text{tono}} + RC_{\text{pre}})$. La medida utilizada para analizar los datos en las sesiones de condicionamiento fue una razón de supresión de las correspondientes razones de supresión, calculada de esta manera: $RS_{\text{total}} = RS_{\text{clic+tono}} / (RS_{\text{clic+tono}} + RS_{\text{tono}})$. El nivel de la prueba de supercondicionamiento fue la medida de la RC a la luz sola, empleando una razón de elevación: ${}^2RE_{\text{luz}} = RC_{\text{luz}} / (RC_{\text{luz}} + RC_{\text{pre}})$.

4. - Resultados

El gráfico 1, representa las razones de supresión de las veinte sesiones de entrenamiento en las contingencias establecidas.

Para analizar los resultados, se utilizó un ANOVA de medidas repetidas de tres factores. Los factores entre grupos fueron la frecuencia (baja, igual a 0.1, o alta igual a 0.9) y la contingencia (igual o diferente), mientras que el factor intra sujetos fueron todas las sesiones de entrenamiento. Los análisis de las veinte sesiones de condicionamiento indicaron que no hubo efecto de las sesiones, $F(19, 532) = 1,37, p > .05$, ni de la frecuencia, ni la contingencia, ni de la interacción frecuencia y contingencia, $F(1, 28) = 1,57, p > .05$, $F(1, 28) = 1,16, p > .05$, y $F(1, 28) = 0,07, p > .05$ respectivamente. Tampoco fue significativa la

² Cuando se mide un estímulo supuestamente excitatorio suele denominarse razón de elevación pero el cálculo es idéntico.



interacción entre las sesiones con la frecuencia, $F(19, 532) = 0,57, p > .05$, ni la interacción sesiones por contingencia, $F(19, 532) = 1,25, p > .05$, ni la interacción sesiones, frecuencia y contingencia, $F(19, 532) = 0,73, p > .05$. Por tanto a partir de los datos directos de respuestas ante el tono y el tono más el clic, deberíamos concluir que no hay pruebas de condicionamiento inhibitorio.

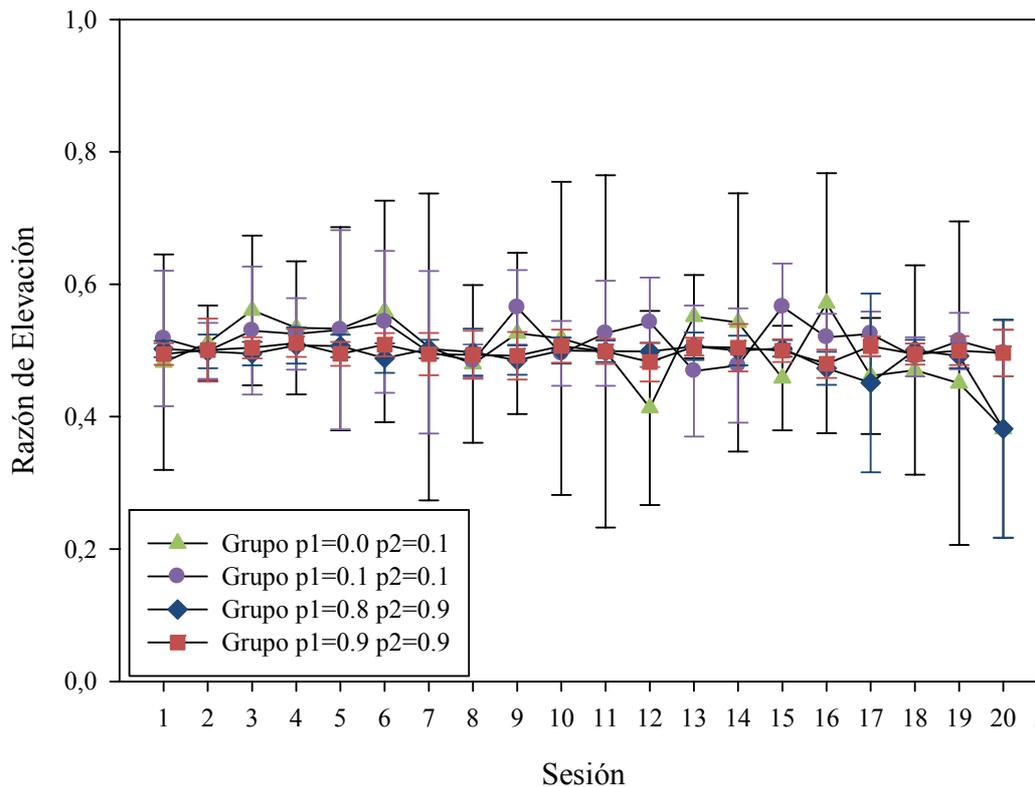


Gráfico 1. Nivel de condicionamiento en las 20 sesiones de entrenamiento en el Experimento 1. En el eje de las X se representan todas las sesiones de condicionamiento. En el eje de las Y se representa el nivel de la RC a través de las medias de la Razón de las razones de supresión de clic más el tono entre la suma de la razón de supresión del clic más el tono más la razón de supresión del clic solo. Menor valor de esta razón indica mayor inhibición del clic.

Sin embargo, la prueba de supercondicionamiento lleva a conclusiones diferentes. El curso de las sesiones de prueba (ver gráfico 2), mostró que los grupos 0.9 y 0.9, 0.9 y 0.8 y 0.1 y 0.1 y naif tenían niveles similares de adquisición del condicionamiento de la luz, frente al grupo 0.1 y 0.0 que mostró niveles más altos que el resto de los grupos.

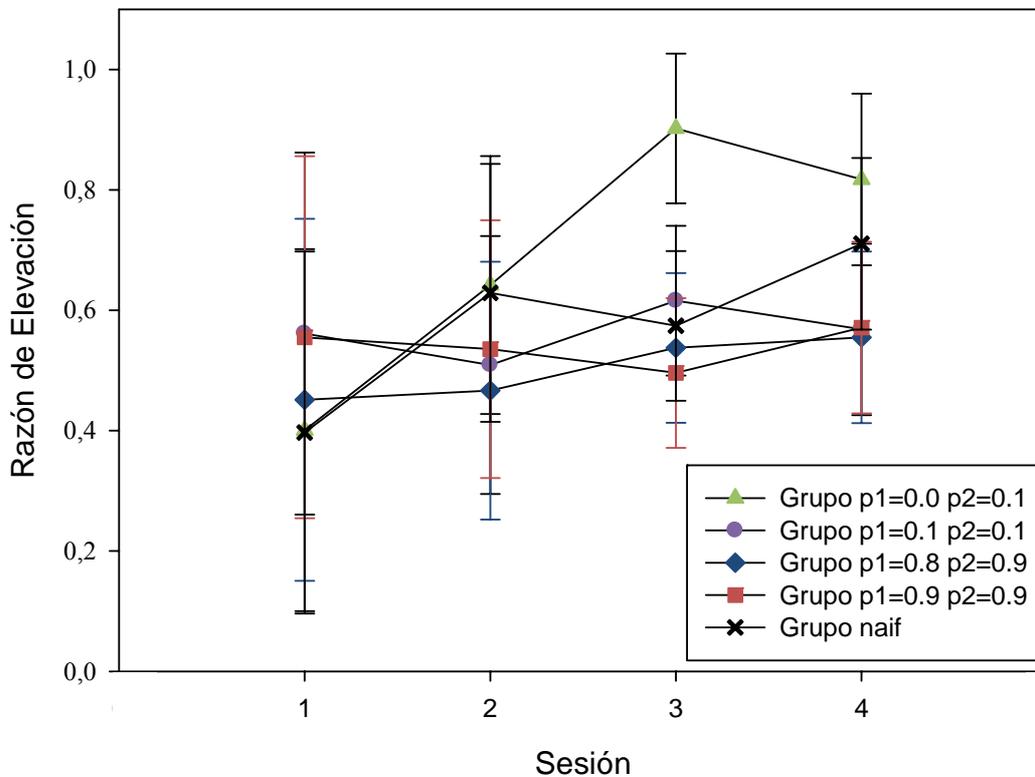


Gráfico 2. Resultados, en términos de razones de elevación del estímulo de prueba tras el entrenamiento de supercondicionamiento. En el eje X se representan las 4 sesiones de la prueba, mientras que en el eje Y se representan los niveles de la RC en términos de razones.

Los análisis estadísticos realizados, utilizando como variable independiente la razón de elevación de la luz en las pruebas de retraso, confirmaron esta descripción de los datos, de forma que se encontró un efecto de las sesiones, $F(3, 105) = 8,30, p < .05$, una interacción significativa entre las sesiones y el grupo, $F(12, 105) = 2,90, p < .05$ y un efecto significativo del grupo, $F(4, 35) = 2,90, p < .05$. Un análisis posterior reveló diferencias significativas entre el grupo 0.0 y 0.1 y el grupo naif, sin embargo, el mismo análisis para el grupo 0.8 y 0.9, no mostró ninguna diferencia respecto al control naif. Los resultados indicaron que solo el grupo experimental con $\Delta p = -0.1$ y frecuencia de reforzamiento baja, adquirió un nivel significativo de condicionamiento inhibitorio, al contrario de lo que ocurre en el grupo con la misma Δp y frecuencia alta, demostrando que una misma diferencia entre las probabilidades no es suficiente para la aparición de cambios en la respuesta condicionada.

Se realizó un segundo análisis de los datos desde la TDS. Dado que el objetivo de este experimento fue observar cambios muy pequeños en las respuestas y teniendo en cuenta también la naturaleza del condicionamiento inhibitorio, se analizaron los datos empleando las curvas COR (Blanco, 2000). Estas curvas permiten representar la probabilidad de respuesta a un estímulo, denominado señal, frente a la probabilidad de respuesta a otra estimulación, denominada ruido según la terminología de la TDS (Green y Swets, 1966). Para aplicar esta metodología al condicionamiento Pavloviano se siguió el trabajo de Blough (1967; 2001), en el cual se construyen curvas COR en una tarea de discriminación en palomas (véase supra).



Adaptando este procedimiento a nuestro experimento, se tomó el porcentaje de ensayos tono y clic en los que la diferencia entre el número de respuestas durante el EC y su Pre era igual o menor que N , siendo el rango de N de -15 a 15. Se registró la misma medida para los ensayos del tono solo. Cada uno de estos porcentajes acumulados, correspondía a un valor en cada eje de las gráficas siendo el eje X el correspondiente a los ensayos del tono solo, y el eje Y a los ensayos tono y clic. La unión de estos valores dio lugar a un punto en el espacio. La curva COR de cada grupo, se compuso por 31 puntos cada uno de los cuales refleja un nivel máximo de diferencia entre el estímulo, tono o tono más clic, y su correspondiente pre. Cada punto refleja por tanto un determinado balance entre respuestas ante el tono más clic (equivalente a los aciertos) y respuestas ante el tono solo (equivalente a las falsas alarmas). Las gráficas informan de la variación en la sensibilidad a una señal, en este caso la variación de RC en los ensayos tono más clic, frente a la sensibilidad al ruido, los ensayos del tono solo. Siendo la diagonal la línea que representa la ausencia de discriminación, cuanto más se separe la curva de ésta, mayor será el nivel de discriminación entre ruido y señal. Curvas COR por encima de la diagonal reflejarían más nivel de respuesta condicionada ante el tono más clic, que ante el tono solo (condicionamiento excitatorio), mientras que las curvas situadas por debajo reflejarían menos respuestas ante el tono más clic que ante el tono solo (condicionamiento inhibitorio). En la gráfica 3 se representan las cuatro curvas COR generadas para los cuatro grupos en las diez últimas sesiones de condicionamiento. Como se puede ver, solo el grupo 0.0 y 0.1 describe una curva COR situada por debajo de la diagonal, lo que indica cierto nivel de condicionamiento inhibitorio. Los grupos de contingencia 0.8 y 0.9 y también 0.9 y 0.9 se solapan con la diagonal indicando ausencia de discriminación entre los dos tipos de ensayos. Finalmente, el grupo 0.1 y 0.1 muestra una curva situada por encima de la diagonal, lo que indicaría un cierto nivel de condicionamiento excitatorio, un hallazgo similar a los revisados por Papini y Bitterman (1990), aunque los siguientes análisis de curvas COR permiten rechazar esta interpretación. En las gráficas 4, 5, 6, 7 se comparan las ejecuciones entre las diez primeras sesiones de entrenamiento y las diez últimas. Cada uno de las gráficas representa un grupo. Como se puede ver, sólo en el grupo entrenado en la contingencia 0.0 y 0.1 se aprecia un cambio claro de la ejecución en las 10 primeras sesiones con respecto a la ejecución en las 10 últimas, estando esta curva mucho más alejada de la diagonal que la correspondiente a las 10 primeras sesiones de entrenamiento. Obsérvese también, que en el grupo 0.1 y 0.1 no hay diferencias entre ambas curvas situándose las dos por encima de la diagonal, no pudiendo atribuirse esta ligera tendencia excitatoria a un aprendizaje. Siguiendo a Zar (1984), se procedió a ajustar los datos de las distintas curvas COR mediante regresiones no lineales cuadráticas. Posteriormente se procedió a comparar las pendientes de las curvas entre sí. Las dos únicas diferencias significativas fueron encontradas entre las diez primeras y diez últimas sesiones del grupo 0.0 y 0.1, y entre el grupo 0.0 y 0.1 y también el 0.1 y 0.1 en las diez últimas sesiones. Dichas regresiones se pueden consultar en el Apéndice 1.

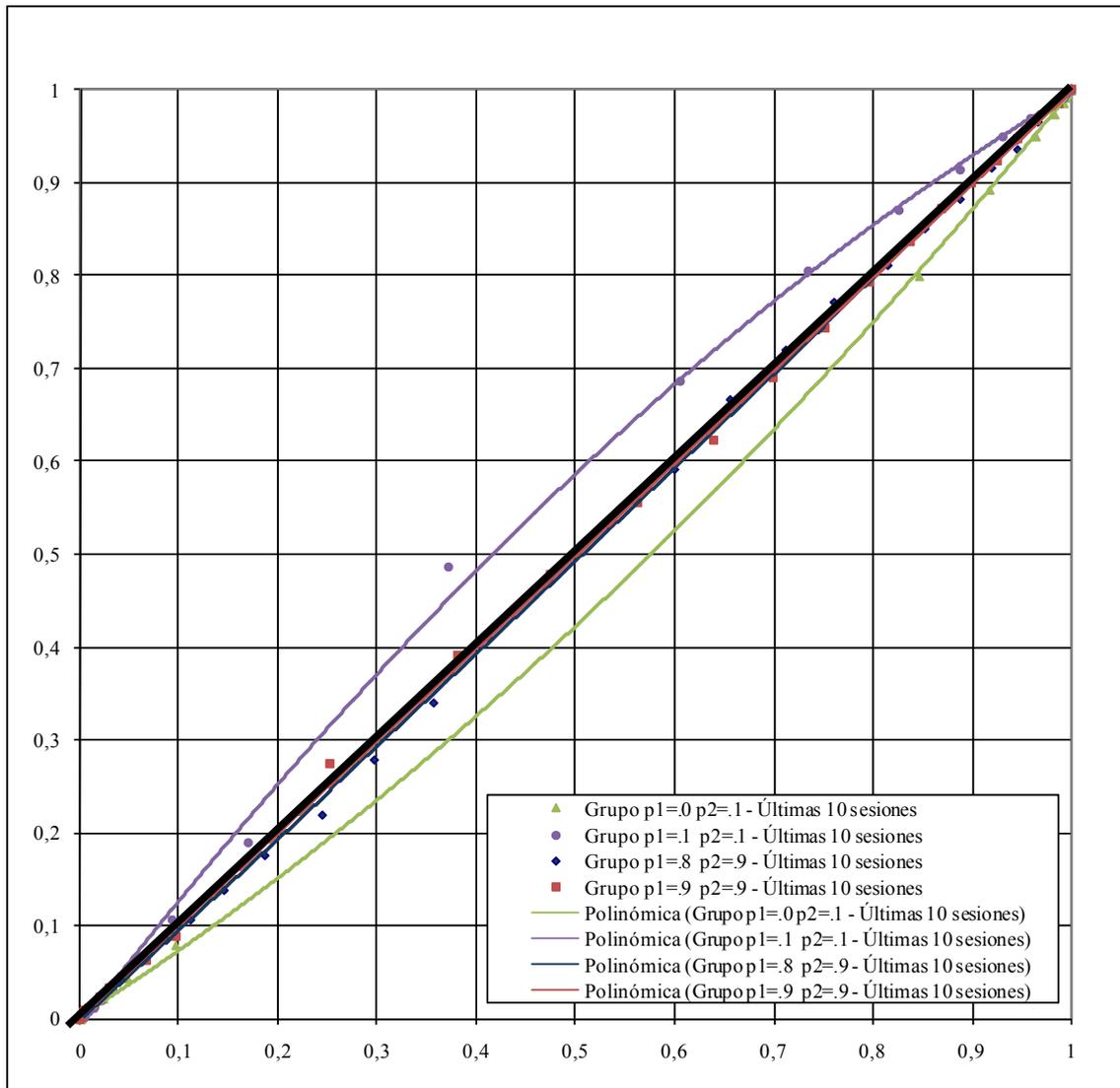


Gráfico 3. Curvas COR para cada uno de los grupos en las últimas diez sesiones de condicionamiento.

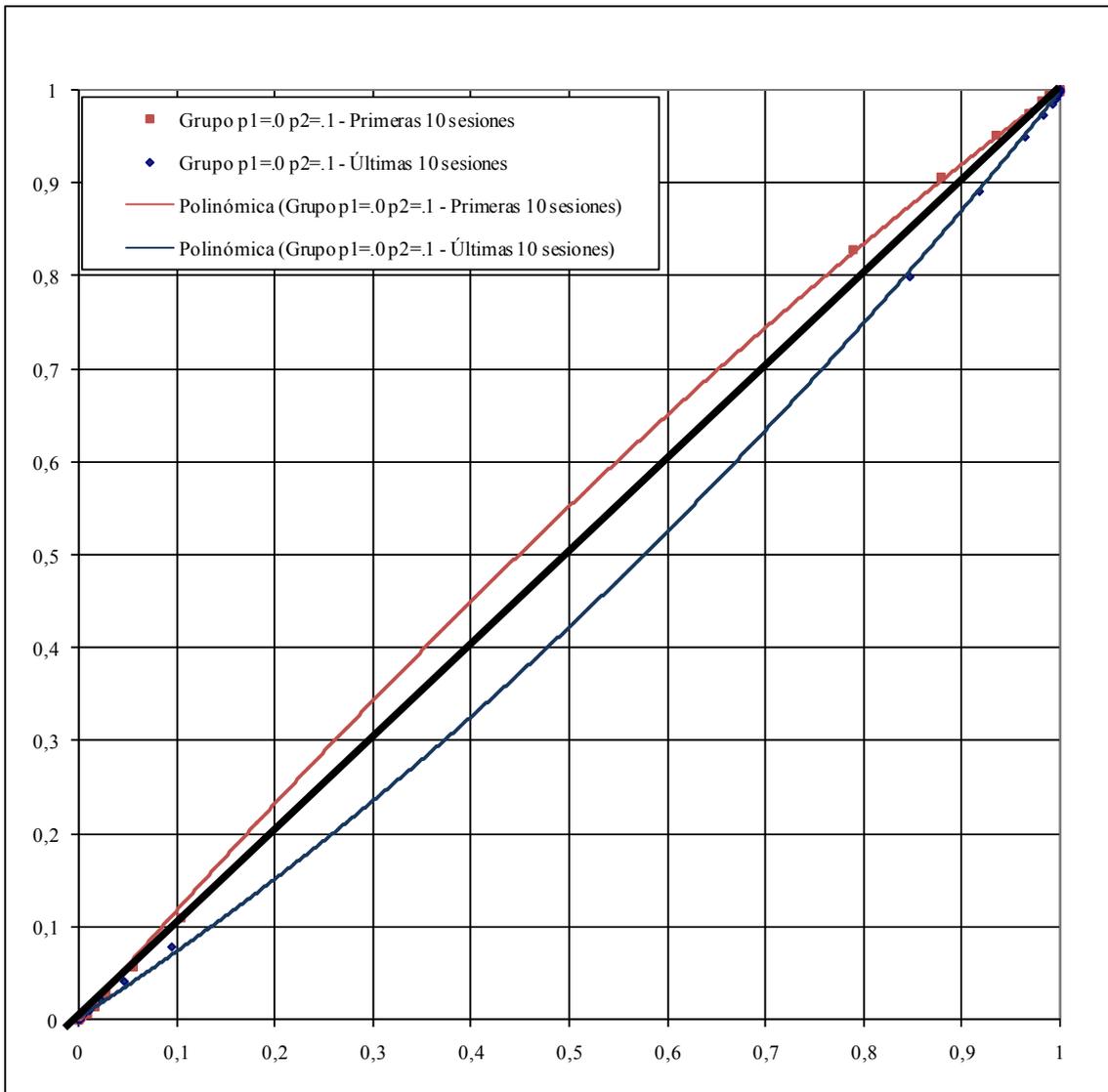


Gráfico 4. Curvas COR para el grupo 0.0 y 0.1 para las primeras diez sesiones (color rojo) y las diez últimas (color azul), respectivamente.

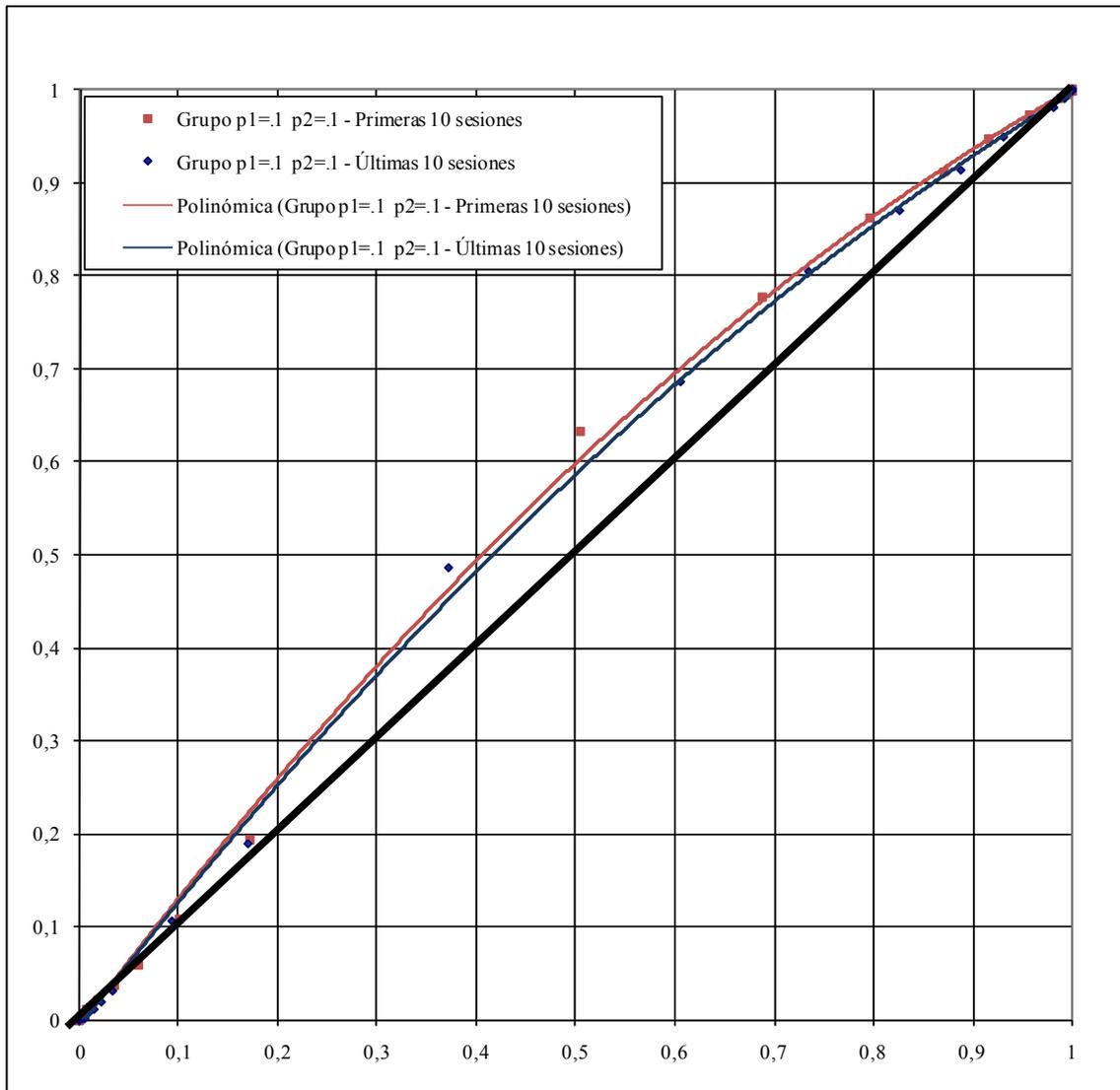


Gráfico 5. Curvas COR para el grupo 0.1 y 0.1 para las primeras diez sesiones (color rojo) y las diez últimas (color azul), respectivamente.

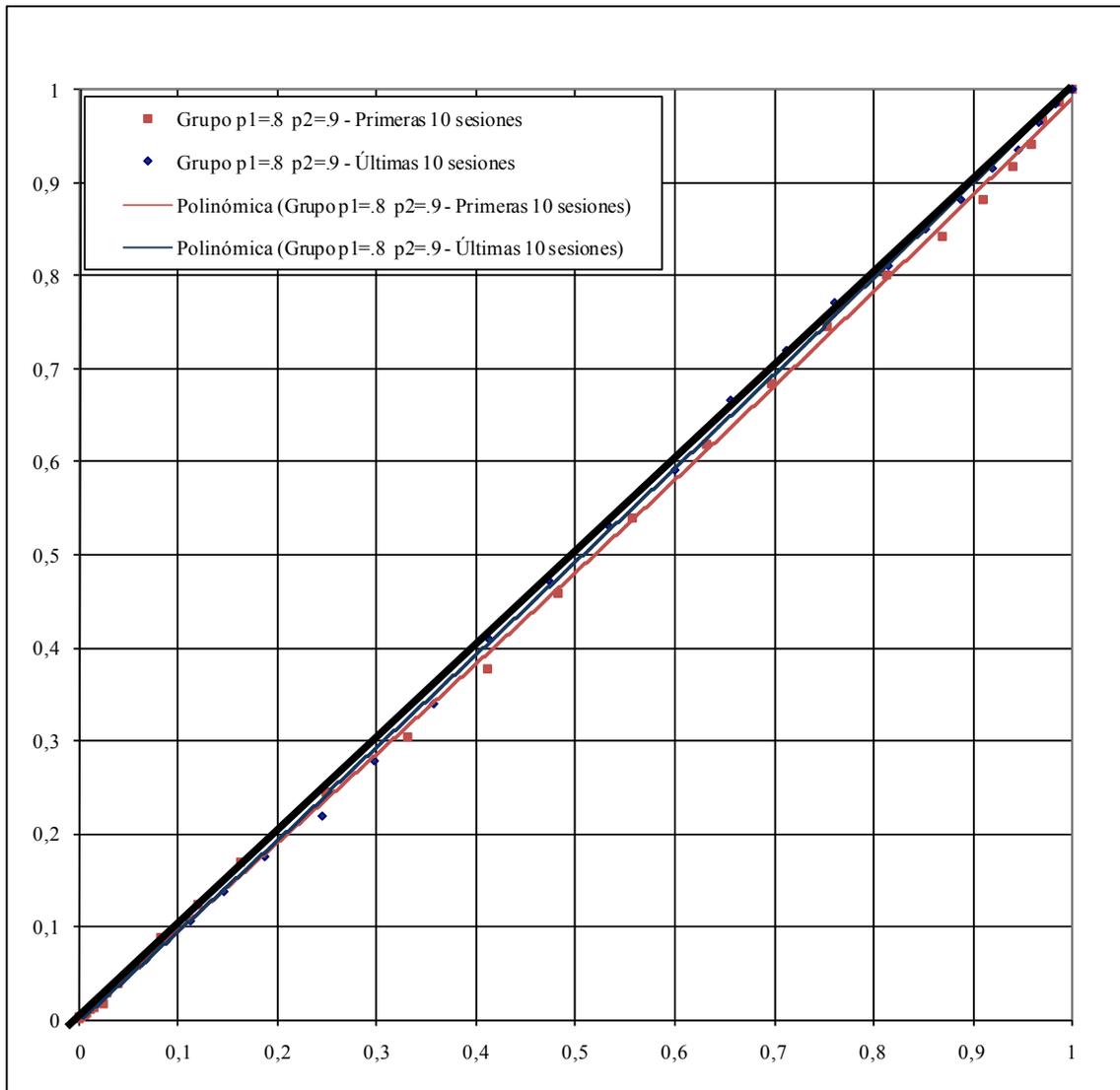


Gráfico 6. Curvas COR para el grupo 0.8 y 0.9 para las primeras diez sesiones (color rojo) y las diez últimas (color azul), respectivamente.

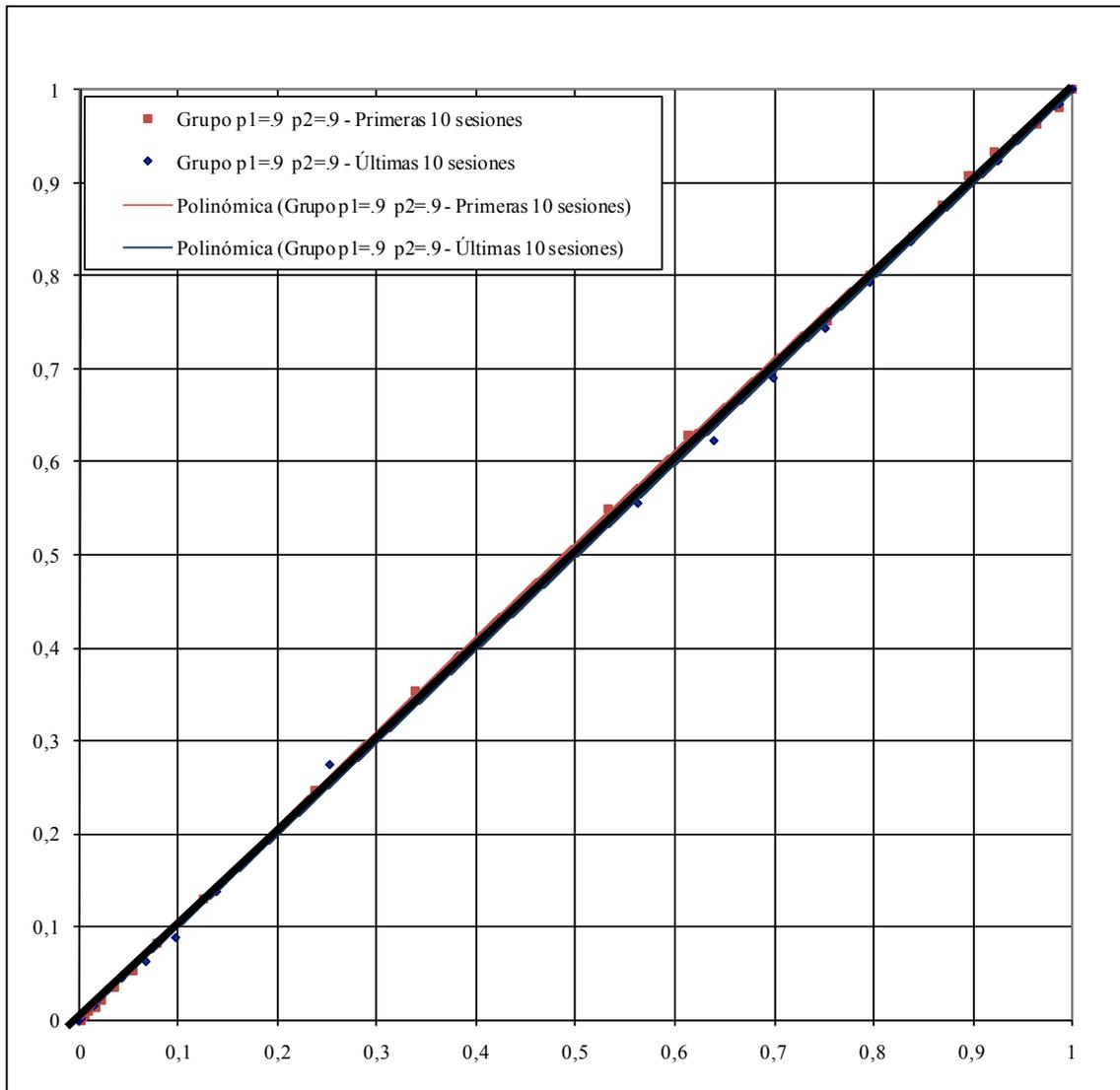


Gráfico 7. Curvas COR para el grupo 0.9 y 0.9 para las primeras diez sesiones (color rojo) y las diez últimas (color azul), respectivamente.

5.- Discusión

Los resultados indicaron que cuando la discrepancia inhibitoria entre p_1 y p_2 es 0.1, los animales son capaces de detectarla siempre que la probabilidad de reforzamiento en ausencia del EC sea muy baja (0.1). Con esa misma diferencia entre p_1 y p_2 y una probabilidad de reforzamiento en ausencia del EC de 0.9, lo cual requiere una probabilidad de reforzamiento en presencia del EC o p_1 de 0.8, los animales no muestran diferencias con respecto a un control entrenado en p_1 igual a p_2 (0.9 y 0.9). Este resultado revela que la magnitud de la discrepancia necesaria para percibir como diferentes las dos probabilidades que explican el aprendizaje inhibitorio (p_1-p_2) no es homogénea a lo largo de todo el espacio de contingencia, sino que es menor cuando la magnitud de las probabilidades es baja y que esa misma discrepancia no es suficiente cuando las magnitudes son altas. Al igual que hemos hecho en el espacio de contingencia excitatorio (Morís et al. en prensa), posteriores investigaciones



determinarán la discrepancia necesaria para encontrar diferencias con probabilidades altas y medias. El efecto encontrado puede describirse brevemente como modulación fechneriana o logarítmica de la percepción de la contingencia inhibitoria. Sin embargo estos resultados no aparecen directamente durante las 20 sesiones de entrenamiento, sino durante la prueba de supercondicionamiento.

Debido a la naturaleza de la señalización negativa que define la inhibición condicionada (Rescorla, 1969b), un EC que señala el no reforzamiento no mostrará conductualmente diferencias con un estímulo neutro (ambos mostrarán ausencia de RC). Esto llevó a la teoría del aprendizaje a asumir que para demostrar que un estímulo tiene propiedades inhibitorias debía pasar las pruebas de retraso y sumación. La medida de la variable dependiente por medio de las razones de razones puede interpretarse como una medida directa de la inhibición, esto es, una medida que muestra las propiedades inhibitorias durante el curso del entrenamiento inhibitorio. Sin embargo esta medida, tradicionalmente usada en este tipo de investigación, no proporcionó ningún indicio de la adquisición de condicionamiento inhibitorio. Aún así, y para encontrar más pruebas favorables a la existencia de fenómenos inhibitorios con discrepancias mínimas, se realizó una segunda prueba de supercondicionamiento. Esta prueba se eligió porque la prueba de retraso no permitiría distinguir entre el retraso provocado por la inhibición y el retraso provocado por el entrenamiento descorrelacionado que se denomina irrelevancia aprendida (Baker, 1976; Baker & Mackintosh, 1977; 1979). La prueba de supercondicionamiento indicó que el estímulo novedoso emparejado con el estímulo supuestamente inhibitorio se condicionaba más rápido en el grupo que había recibido entrenamiento en la contingencia 0.0 y 0.1 respecto a los entrenados en las otras contingencias e incluso más rápido que el no entrenado (naif).

La manipulación de los datos de acuerdo a la metodología de la TDS proporciona varias ventajas. En primer lugar y al igual que los procedimientos de medida de la variable dependiente más habituales, como la razón de supresión, permite ver el efecto del aprendizaje a lo largo de las sesiones de entrenamiento. Sin embargo en el caso de este experimento, la metodología TDS se mostró más sensible que la tradicional. Efectivamente la comparación entre las curvas COR realizadas con las 10 primeras sesiones frente a las mismas realizadas con las 10 segundas no deja lugar a dudas (véase Gráfica 3). Se ve claramente que el grupo 0.9 y 0.9 no difiere de 0.8 y 0.9 (cuyas ejecuciones se sitúan sobre la diagonal) mientras que 0.1 y 0.1 difiere claramente de 0.0 y 0.1, cuya ejecución muestra una clara separación de la diagonal por debajo de la misma, como sería de esperar si los sujetos dieran más respuestas ante el T que ante el TC, esto es, si mostraran condicionamiento inhibitorio del clic. Además las pruebas clásicas de condicionamiento inhibitorio (sumación y retraso) son pruebas indirectas como ya hemos indicado anteriormente. Aunque el uso de las razones de razones hace que dispongamos de datos directos, las curvas COR de la percepción de la contingencia son aún más claras como índice de las propiedades inhibitorias. Este resultado se sitúa en la línea de otros trabajos que han cuestionado la universalidad de las pruebas de sumación y retraso (Williams, Overmaier & LoLordo, 1992).

Finalmente, la TDS tiene la ventaja de poder comparar tanto distintas tareas como sujetos muy diferentes. Por ejemplo, el empleo de sujetos humanos o animales ha generado interesantes polémicas en el campo del condicionamiento (por ejemplo en contingencia, véase Miller & Matute, 1996). El empleo de las técnicas de la TDS de Allan et al. (2008) y el empleo mostrado en este trabajo permiten suponer que próximas investigaciones obtendrán



interesantes paralelismos y discrepancias, conceptualmente organizadas en torno a los parámetros típicos de la TDS.

6.- Referencias

- Allan, L. G. (1980). A note on measurement of contingency between two binary variables in judgment tasks. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 15, 147-149.
- Allan, L. G. (1993). Human contingency judgements: Rule based or associative? *Psychological Bulletin*, 114, 435-448.
- Allan, L. G., Hannah, S. D., Crump, M. J. C. y Siegel, S. (2008). Psychophysics of Contingency Assessment. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137, 226-24.
- Allan, L. G., Siegel, S. D. y Tangen, J. M. (2005). A signal detection analysis of contingency data. *Learning and Behavior*, 33, 250-263.
- Baker, A. G. (1976). Learned irrelevance and learned helplessness: Rats learn that stimuli, reinforcers, and responses are uncorrelated. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 2, 130-141.
- Baker, A. G. y Mackintosh, N. J. (1977). Excitatory and inhibitory conditioning following uncorrelated presentations of CS and UCS. *Animal Learning and Behavior*, 5, 315-319.
- Baker, A. G. y Mackintosh, N. J. (1979). Preexposure to the CS alone, or Cs and US uncorrelated: Latent inhibition, blocking by context or learned irrelevance? *Learning and Motivation*, 10, 278-294.
- Baker, A. G., Murphy, R. A., Vallee-Tourangeau, F. y Mehta, R. (2001). Contingency learning and causal reasoning. In R. R. Mowrer y S. B. Klein (Eds.), *Handbook of contemporary learning theories* (pp. 255- 306). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Blanco, M.J. (2000). *Psicofísica*. Madrid: Universitas.
- Blough, D.S. (1967). Stimulus generalization as signal detection in pigeons. *Science*, 176, 940-941.
- Blough, D.S. (2001). Some contributions of signal detection theory to the analysis of the stimulus control in animals. *Behavioural Processes*, 54, 127-126.
- Boneau, C.A. y Cole, J.L. (1967). Decision theory, the pigeon, and the psychophysical function. *Psychological Review*, 74, 123-135.



- De Houwer, J. y Beckers, T. (2002). A review of recent developments in research and theories on human contingency learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55B, 289–310.
- Dickinson, A., Shanks, D. y Evenden, J. (1984). Judgement of act–outcome contingency: The role of selective attribution. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 29– 50.
- Green, D.M. y Swets, J.A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. New York: Wiley.
- Grice, G.R. (1972). Conditioning and decision theory of response evocation. En Bower G. H. y Spence K. W. (Eds.), *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 2-63). New York: Academic Press.
- Hack, M.H. (1963). Signal Detection in the Rat. *Science*, 139, 758-759.
- Hallam, S. C., Grahame, N.J. y Miller R.R. (1992). Exploring the edges of Pavlovian contingency space: An assessment of Contingency theory and its various metrics. *Learning and Motivation*, 23, 225-249.
- Hazlett, B.A. (2003). Predator recognition and learned irrelevance in the crayfish *Orconectes virilis*. *Ethology*, 109, 765-780.
- Hirsch, K. A. (1979). Signal detection analysis of conditioning data. *The Journal of General Psychology*. 101, 249-258.
- Hull, C. L. (1950). Simple qualitative discrimination learning. *Psychological Review*, 57, 303-313.
- Mackintosh, N.J. (1975). A theory of attention: Variations in the associability of stimuli with reinforcement. *Psychological Review*, 82, 276-298.
- Marston, H. M. (1996). Analysis of cognitive function in animals, the value of SDT. *Cognitive Brain Research*, 3, 269-277.
- Mason, C.R., Idobro, F., Early, S.J., Abibi, A., Zheng, L., Harrison, J.M. y Carney, L.H. (2003). CS-dependent response probability in an auditory masked-detection task: Considerations based on models of Pavlovian conditioning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56B, 193-205.
- Matute, H. (2002). Introducción: Aprendizaje de relaciones causales. *Cognitiva*, 14, 7-14.
- Miller, R.R. y Matute, E. (1996). Animal analogues of causal judgment. En D.R. Shanks, K.J. Holyoak D.L. Medin (eds.) *The psychology of Learning and Motivation*, vol 34, *Causal Learning*, 133-166. San Diego C.A. Academic Press.



- Morís, J., Santoveña, A., Fernández, A. y Loy, I. (2005). Contingency perception and learned irrelevance: a proposal based on Fechner's law. *9th European Congress of Psychology*. Granada.
- Morís, J., Santoveña, A. y Loy, I. (2004). Just-noticeable difference for the contingency estimation, *Congreso Conjunto SEPC-ISCP*. Oviedo.
- Morís, J., Carnero, S. y Loy, I. (2008). Contingencies perceived as equal produce the same learned irrelevance, *Associative Learning Symposium XII*, Gregynog, R.U.
- Morís, J., Carnero, S. y Loy, I. (en prensa). Perception of contingency follows Fechner's Law in appetitive Pavlovian conditioning. **Enviado al *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, nº de identificación 2009-0040.**
- Morís, J., Santoveña, A. y Loy, I. (2005). Aplicación de la ley de Weber-Fechner al aprendizaje de la contingencia. *XVII Congreso de la SEPC*. Madrid.
- Morís, J., Santoveña, A., Carnero, S. y Loy, I. (2006). Predicción de la percepción de la contingencia desde los modelos asociativos y de reglas de contingencia. *XVIII Congreso de la SEPC*, Málaga.
- Murphy, R.A. y Baker, A.G. (2004). A role for CS-US Contingency in Pavlovian conditioning. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 30, 229-239.
- Nevin, J.A. (1964). A Method for the Determination of Psychophysical Function in the Rat. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 7, 169.
- Nevin, J.A. (1965). Decision theory in studies of discrimination in animals. *Science*, 150, 1057.
- Nevin, J.A. (1981). Psychophysics and reinforcement schedules: An Integration. En M.L. Commons y J.A. Nevin (eds). *Quantitative studies of operant behaviour, vol. 1: Discriminative properties of reinforcement schedules*. Cambridge, MA: Ballinger.
- Papini, M.R. y Bitterman, M.E. (1990). The role of contingency in classical conditioning. *Psychological Review*, 97, 396-403.
- Pearce, J. M. (1987). A model for stimulus generalization in pavlovian conditioning. *Psychological Review*, 94, 61-73.
- Pearce, J. M. y G. Hall. (1980). A model for Pavlovian learning: Variations in the effectiveness of conditioned but not of unconditioned stimuli. *Psychological Review*, 87, 532-552.
- Rescorla, R.A. (1966). Predictability and number of pairings in Pavlovian fear conditioning. *Psychological Science*, 4, 383-384.



- Rescorla, R.A. (1967). Pavlovian conditioning and its proper control procedures. *Psychological Review*, 74, 71-80.
- Rescorla, R.A. (1968). Probability of shock in the presence and absence of CS in fear conditioning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 66, 1-5.
- Rescorla, R.A. (1969a). Conditioning inhibition of fear resulting from negative CS-US contingencies. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 67, 507-509.
- Rescorla, R.A. (1969b). Pavlovian Conditioned Inhibition. *Psychological Bulletin*, 72, 77-94.
- Rescorla, R.A. (1971). Variation in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement following prior inhibitory conditioning. *Learning and Motivation*, 2, 113-123.
- Rescorla, R.A. y LoLordo, V.M. (1965). Inhibition of avoidance behavior. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 59, 406-412.
- Rescorla, R.A. y Wagner, A.R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. In A.H. Black y W.F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II: Current research and theory* (pp. 64-99). New York: Appleton.
- Rosas, J.M. (2002) (Edt.). *Teorías asociativas del aprendizaje*. Jaén: del lunar.
- Schmajuk, N. A. (1987). Classical conditioning, signal detection and evolution. *Behavioural Processes*, 14, 277-289.
- Spence, K. W. (1936). The nature of discrimination learning in animals. *Psychological Review*, 43, 427-449.
- Vallee-Tourangeau, F., Murphy, R.A. y Baker, A.G. (2005). Contiguity and the outcome density bias in action-outcome contingency judgements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58B, 177-192.
- Wagner, A.R. (1981). SOP: A model of automatic memory processing in animal behavior. En N.E. Spear, y R.R. Miller (Eds.), *Information Processing in Animals: Memory Mechanisms*, pp.5-47. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wasserman, E.A., Elek, S.M., Chatlosh, D.L. y Baker, A.G. (1993). Rating causal relations: Role of probability in judgments of response-outcome contingency. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 174-188.
- Williams, D.A., Overmaier, J.B. y LoLordo, V.M. (1992) A reevaluation of Rescorla's early dictums about Pavlovian conditioned inhibition. *Psychological Bulletin*, 111, 275-290.
- Zar, J. (1984) *Biostatistical Analysis*. Boston: Prentice-Hall.



Apéndice 1

CURVAS DE REGRESIÓN DE LAS CURVAS COR DE LAS 10 ÚLTIMAS SESIONES

Grupo $p_1=0.0$ $p_2=0.1$

$$Y = 0,002 + 0,685X + 0,311X^2 \quad (F_{2,28} = 388282,362, p < 0,001) \quad R^2 \text{ corregida} \approx 1$$

Grupo $p_1=0.1$ $p_2=0.1$

$$Y = -0,006 + 1,368X - 0,365X^2 \quad (F_{2,28} = 38547,649, p < 0,001) \quad R^2 \text{ corregida} \approx 1$$

Grupo $p_1=0.8$ $p_2=0.9$

$$Y = -0,003 + 0,999X \quad (F_{1,29} = 61403,021, p < 0,001) \quad R^2 \text{ corregida} \approx 1$$

Grupo $p_1=0.9$ $p_2=0.9$

$$Y = -0,001 + 0,997X \quad (F_{1,29} = 112209,214, p < 0,001) \quad R^2 \text{ corregida} \approx 1$$

CURVAS DE REGRESIÓN DE LAS CURVAS COR DE LAS 10 PRIMERAS SESIONES

Grupo $p_1=0.0$ $p_2=0.1$ Primeras 10 sesiones

$$Y = -0,003 + 1,212X - 0,208X^2 \quad (F_{2,28} = 258678,276, p < 0,001) \quad R^2 \text{ corregida} \approx 1$$

Grupo $p_1=0.1$ $p_2=0.1$ Primeras 10 sesiones

$$Y = -0,005 + 1,411X - 0,406X^2 \quad (F_{2,28} = 29598,570, p < 0,001) \quad R^2 \text{ corregida} \approx 1$$

Grupo $p_1=0.8$ $p_2=0.9$ Primeras 10 sesiones

$$Y = 0 + 0,982X \quad (F_{1,29} = 43165,375, p < 0,001) \quad R^2 \text{ corregida} \approx 1$$

Grupo $p_1=0.9$ $p_2=0.9$ Primeras 10 sesiones

$$Y = 0,002 + 1,004X \quad (F_{1,29} = 151371,296, p < 0,001) \quad R^2 \text{ corregida} \approx 1$$

COMPARACIONES ENTRE CURVAS COR

Diferencia entre Grupo $p_1=0.0$ $p_2=0.1$ y Grupo $p_1=0.1$ $p_2=0.1$ en las 10 últimas sesiones, $F_{1,59} = 10,582$, $p=0,002$

Diferencia entre Grupo $p_1=0.8$ $p_2=0.9$ y Grupo $p_1=0.9$ $p_2=0.9$ en las 10 últimas sesiones, $F_{1,59} = 0,751$, $p=0,390$

Diferencia entre Grupo $p_1=0.8$ $p_2=0.9$ y Grupo $p_1=0.9$ $p_2=0.9$ entre las 10 primeras y 10 últimas sesiones, $F_{1,59} = 0,751$, $p=0,390$